

величезною проблемою з точки зору екологічної безпеки.

Література

1 Стырикович М.А., Катковская К.Я., Серов Е.П., Парогенераторы электростанций. – М.: Энергия, 1966. – 288 с.

2 Мейклер М.В. Современные котельные агрегаты. – М.: Энергия, 1978. – 304 с.

3 Костюк А.Г., Фролов В.В. Паровые и газовые турбины. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 367 с.

4 Усов С.В. Электрическая часть электростанций. – Л.: Энергия, 1977. – 324 с.

5 Андрущенко А.И., Лаптев В.И. Парогазовые установки электростанций. – Л.: Энергия, 1965.

6 Андрущенко А.И. Основы термодинамических установок циклов теплоэнергетических установок – М.: Высшая школа, 1980. – 366 с.

7 Кулик М.П. Підвищення ефективної роботи комбінованих парогазотрубинних енергетичних установок та зменшення екологічного забруднення навколишнього середовища // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – № 5. – С.53-59.

УДК [622.673.1: 681.514.54]

НАДІЙНІСТЬ МОБІЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ СШНУ ТА ШАХТНИХ ПІДЙОМНИХ КОМПЛЕКСІВ

Б.В.Копей, В.В.Лопатін, І.Б.Копей

¹ ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42166
e-mail: koreyb@nuing.edu.ua

² ІГТМ НАН України, 49005, м. Дніпропетровськ, вул. Сімферопольська, 2а

Изложен практический опыт поиска и устранения неисправностей в мобильных информационно-измерительных системах шахтных подъемных комплексов и СШНУ на основе опыта ИФНТУНГ и ИГТМ НАН Украины.

The the practical repairs in operation in a mobile informational - measuring system of pumping units and mine elevating complexes is explained on the basis of expertise of IFNTUOG and IGTM NAS of Ukraine.

Пошук несправностей в мобільних інформаційно-вимірвальних системних комплексах (МІВСК) свердловинних штангових насосних установок (СШНУ) та шахтних підймальних установок можна визначити як логічну техніку виявлення і усунення причини порушення працездатності електронних схем. Значні витрати часу на пошук несправностей (до 90% часу відновлення) пред'являють достатньо жорсткі вимоги до глибини, достовірності і оперативності діагностики. Відомо, що термін «розробка діагностичного забезпечення» включає два взаємно доповнюючі поняття [1]. Перше розглядає діагностичне забезпечення як процес і передбачає розроблення алгоритмів пошуку несправностей за наявності і відсутності засобів діагностування, а друге – як результат вимірювання і припускає створення засобів діагностики, які в сукупності з МІВСК і людиною-оператором за наявності відповідних алгоритмів утворюють систему технічної діагностики (згідно з ГОСТ 20911-85).

Алгоритм пошуку несправностей є оптимальною послідовністю перевірок. Оптимальність алгоритму забезпечується розробленням його за комбінованими критеріями інформативного, вартісного, часового і надійнісного характеру.

Зауважимо, що важливість питання пошуку несправностей наочно характеризує той факт, що приблизно третина бюджету Відділу оборонної електроніки НАТО асигнована на обслуговування апаратури [2].

Особливо вразливим місцем МІВСК (з погляду пошкоджень) є сполучення між бортовим комп'ютером і давачами. Можливостей для пошкодження тут існує дуже багато: під час руху верстата-гойдалки чи підймальної судини в шахті може бути обірвано фідер або лінію зв'язку вимірального каналу, під час монтажу в незручному місці помилково може бути неправильно підключений фідер або прилад і т.п. Ізоляційна оболонка кабеля МІВСК піддається значним знакозмінним механічним навантаженням під час монтажу, демонтажу і в процесі вимірювання. Під час роботи на апаратуру МІВСК, встановлену на СШНУ чи підймальній судині, діє агресивна пластова мінералізована вода з шахти чи свердловини, пара, вогкість, атмосферні опади та повітря [3]. Цьому сприяє природний перепад тиску і температури. Дія агресивного свердловинного чи шахтного середовища (особливо високомінералізованих) і вологої атмосфери промисла чи шахти (рис.1) настільки істотна, що через 3-4 роки навіть конверсійні роз'єми типу ОС2РМДТ (розробле-

ні для військової техніки, що експлуатується в тропічних умовах) стають нероз'ємними.

„Географічна розкиданість“, типова для динамічних вимірювань на верстаті-гойдалці чи підймальній судині, а також різномаяття методів застосування МІВСК виключають повний самозахист апаратури. Основна ідея самозахисту, закладена нами в МІВСК, полягає в тому, щоб обмежити пошкодження одним вимірювальним каналом. У випадку правильного монтажу на верстаті-гойдалці або на підймальній судині, правильного з'єднання і розміщення МІВСК маловірогідно, що втрата одного-двох вимірювальних каналів призведе до повного провалу експерименту. Цьому також сприяє використання МІВСК у режимі розділення часу. Зрозуміло, якщо пошкодження охоплює пристрій з розділенням часу або АЦП, то це призводить до спотворення всіх даних, одержаних під час промислового або лабораторного експерименту. Відмови МІВСК, не пов'язані з пошкодженнями вимірювальних каналів і давачів, за своєю природою аналогічні відмовам, що виникають у будь-якій електронній апаратурі. Вони можуть бути викликані виходом з ладу елемента або погіршенням його характеристик. Відома типова залежність частоти відмов електронної апаратури від часу [4].



Рисунок 1 — Корозійні руйнування штатного конверсійного давача МП-95 МІВСК типу «МАК-1»

Вона повністю відповідає особистому досвіду авторів. Протягом першого півріччя експлуатації (період припрацювання) велика кількість відмов зумовлюється електронним компонентом, що знаходиться на межі допусків. Як правило, через півроку настає період нормальної роботи, який триває від 3 до 30 років залежно від надійності, закладеної в конструкції і реалізованій в апаратурі. Відмови в період нормальної роботи, як правило, пов'язані з деяким «відходом» характеристик внаслідок старіння компонентів, зайвого навантаження апаратури через неправильне використання, а також порушення працездатності окремих компонентів. Хочеться зауважити, що інтенсивність відмов складної апаратури МІВСК впродовж всього життєвого циклу майже ніколи не рівна нулю.

Кінець терміну служби характеризується істотним збільшенням кількості відмов. Виникає враження, що відмовляють навіть абсолютно надійні вузли і компоненти. У цей період більш економічним і розважливішим виявляється заміна МІВСК, аніж підтримка її працездатності. Перехід від МІВСК типу «ОРІОН» і «ОРІОН-1М» до «МАК» зумовлений саме цією причиною. Головною проблемою експлуатації МІВСК є локалізація причини відмови. Навіть елементарні відмови в МІВСК можуть бути викликані низкою причин. Наприклад, груба помилка у вимірювальних даних, одержана від аналогового інтерфейсу МІВСК, може виявитися наслідком несправності кабеля, каналу, підсилювача або АЦП, відмов у схемі адресації каналів, у цифровому каналі між DAC rad-71A/B, картою РСІА-7100 (РСІА-7101) і бортової ПЕОМ, самої бортової ПЕОМ або помилки в програмі. Слід враховувати, що персонал, який обслуговує електронне устаткування МІВСК, має в своєму розпорядженні тільки стандартні прилади (мультиметр), що володіють дуже обмеженими можливостями і точністю. Відсутність мегометра і необхідність дефектації кабеля (фідера) МІВСК змусила авторів застосувати імпровізований «мегометр», де тестовою напругою було взято мережову величину, рівну 220 В, а індикатором – мультиметр типу UNI-T. Тому методи випробувань МІВСК розроблялися з урахуванням реальних можливостей цього «контрольного устаткування». Зрозуміло, що найточнішим устаткуванням є сама МІВСК з аналоговим інтерфейсом, яка за відповідного програмного забезпечення з точним спеціальним еталонним джерелом сигналів МІВСК може бути використана для самодіагностики, калібрування і локалізації відмов вимірювальних каналів. Таке спеціалізоване еталонне джерело повинне забезпечувати контрольні сигнали точністю 0,01% (точність DAC rad-71A/B – 0,036%) для кожного з діапазонів МІВСК. Щоб локалізувати несправність, необхідно подавати ці сигнали на різні входи МІВСК. Перевірка повинна здійснюватися спеціальною тестовою поканаловою програмою. На жаль, і ця перевірка не дає змоги аналізувати помилки МІВСК, викликані роботою в динамічному режимі і може бути використана для оперативної перевірки. На відміну від механічних пристроїв СШНУ чи шахтної підйимальної установки (ШПУ) під час ремонту МІВСК найскладнішим є пошук несправності. Крім того, якщо несправність якогось механізму (вузла) СШНУ чи ШПУ часто « видно незброєним оком», то визначення несправності в електронних схемах МІВСК у більшості випадків вимагає серйозного аналізу, застосування вимірювальних приладів і планування експериментів. Так, щоб виключити систематичну похибку давачів і каналів DAC rad-71A/B під час пошуку несправностей використовується метод рандомізації. Перш за все слід об'єктивно виявити ознаку несправності МІВСК, тобто визначення її нештатного функціонування. На жаль, часто багато часу витрачається даремно на пошук неіснуючих

пошкоджень в МІВСК, коли вся справа в розрядженому акумуляторі, обриві, помилковому масштабі і т.д. Зрозуміло, що оскільки ознака несправності – свідчення того, що в роботі МІВСК відбулися небажані зміни, необхідно мати показники її штатного функціонування, що слугує еталоном. Тільки порівнюючи показники поточного і еталонного функціонування МІВСК можна знайти ознаку несправності і ухвалити рішення про те, що вона є. Причому разом узяті симптоми нормальної і ненормальної роботи точніше визначають ознаку несправності, ніж розглядання їх окремо. На жаль, у цьому питанні із зрозумілих причин дуже багато проблем і суб'єктивізму. В основному це пов'язано з відображенням інформації в МІВСК, необхідної для оцінки її функціонування. Багаторічна практика переконливо довела, що необхідно зібрати якомога більше попередньої інформації, перш ніж «наосліп» приступати до сумнівних перевірок. Такі перевірки здатні виявити тільки простий вид ознаки константної несправності, наприклад – відмова радіоелектронного пристрою, коли МІВСК або її частина (елемент-комплектуючий) не подає «ознак життя».

В процесі ремонту МІВСК використовують два способи пошуку несправності: за характерними ознаками і поелементною перевіркою. Перший з них заснований на складеній виробником апаратури таблиці можливих дефектів і супутніх їм ознак, а також на досвіді, придбаному в процесі експлуатації та попереднього ремонту МІВСК. Другий передбачає послідовну перевірку кожного з елементів, що входять до складу несправного вузла, шляхом вимірювання режиму роботи, основних параметрів і порівняння їх з номінальними характеристиками. Недолік першого способу – відсутність однозначного зв'язку між ознаками несправності і можливими дефектами в МІВСК, другого – велика трудомісткість. Загальний недолік обох способів – значна залежність від стійкості прояву дефекту і досвіду в пошуку несправностей МІВСК даного типу.

Вказані недоліки і постійні ускладнення МІВСК призводять до того, що під час її технічного обслуговування понад 90% часу витрачається на виявлення несправності і менше 10% – на їх усунення. Отже, слід кардинально удосконалити перелічені вище методики пошуку дефектів.

МІВСК в основному складається з елементів масового виробництва, які працюють в порівняно однакових умовах. При постановці завдання пошуку несправності показники надійності радіоелектронних елементів вважають заданими. Якщо вірогідність відмови задана і в початковий момент часу відмінна від нуля, то вірогідність безвідмовної роботи $P(t)$ можна оцінити за експоненціальним законом розподілу (ЕЗР)

$$P(t) = \exp[-\xi(t)],$$

де $\xi(t)$ – інтенсивність відмов.

Зважаючи на простоту, ЕЗР набув найбільшого поширення (на жаль, і за межами його застосовності). Наприклад, розподіл залишкової надійності не залежить від вибору початку відліку. Тобто ЕЗР описує надійність нестаріючих елементів. Так, наприклад, обрив провідника від випадкового удару за умови, що «зношування апаратури» МІВСК мало впливає на її «опір обриву». Для ЕЗР істотно, щоб загальна кількість елементів була значною, вірогідність відмови кожного з них для даного напрацювання вельми мала, відмови незалежні, а відмова будь-якого з елементів означала відмову МІВСК загалом. Ці обставини справедливо сприяли скептичному відношенню учених-практиків до його широкого використання. Вдалішими моделями вірогідності безвідмовної роботи МІВСК є моделі, в основу яких покладено гамма-розподіл і, особливо, розподіл Вейбула. Включаючи ЕЗР, вони описують поведінку старіючих елементів МІВСК, інтенсивність відмов яких з часом зростає.

Спростити імітацію вхідних збурень процесів відмов МІВСК дає змогу метод статистичного моделювання. Таке моделювання припускає наявність розподілу вірогідності випадкових величин, яку визначають за статистичними даними, одержаними в реальних умовах експлуатації МІВСК. Вибрати закон розподілу зручно за методикою, описаною в роботі [5] та заснованою на відповідності різних розподілів (сімейств розподілів) ізольованим точкам або особливим областям у площині коефіцієнтів. Обчисливши статистичні оцінки коефіцієнтів, за оцінками центральних моментів конкретних збурень визначають відповідну їм область у площині коефіцієнтів і відповідний цій області закон розподілу випадкової величини.

Основним завданням запропонованої нової методики пошуку є знаходження раціональної послідовності вимірювань в МІВСК, яка дає змогу встановити місце дефекту. Звичайно, щоб відремонтувати МІВСК слід проводити діагностику деталі, що відмовила. Проте в цьому випадку програма пошуку виявиться дуже громіздкою. Тому для спрощення використовуємо розширену функціональну модель МІВСК. Для її побудови необхідні структурна і принципова схеми, а також інформація про принципи роботи і фізичні процеси, що відбуваються в ньому. Крім того, необхідно задатися глибиною пошуку дефекту. Відомо, що ремонтований пристрій, блок або давач МІВСК можна розділити на деяке число пов'язаних між собою складових частин – функціональних елементів. Це – окремий вузол, блок, каскад, які можуть знаходитися в одному з двох станів – працездатному (справному) або непрацездатному (несправному). Їх визначають шляхом вимірювання напруги сигналу і спостереженням його форми, наприклад, за допомогою іншого МІВСК в режимі електронного осцилографа, тоді як стандартний мультиметр (тестер) і осцилограф не забезпечують необхідні параметри і точність. Слід обмовитися, що термін «функція» вживається нами для позначення деякої електронної

або програмної операції, що виконується певною частиною МІВСК. Часто термін «функція» (відповідний структурному розбиттю МІВСК) і «вузол» (відповідний фізичному розбиттю МІВСК) є синонімами. Проте також часто одна або декілька схем (програм), що виконують певну функцію МІВСК, можуть бути вбудовані у вузол (програму), виконуючи іншу функцію. Виходячи з цього, пропонується послідовно шукати несправність на різних рівнях. Тому необхідно будувати декілька функціональних моделей: спочатку для пристрою загалом (з глибиною пошуку до блоку або модуля), а потім – для кожного блоку або модуля (з глибиною пошуку до каскаду або окремої деталі) і розробляти для них програми. Відомо, що схема МІВСК дуже складна, так що програма – швидше реальна необхідність, ніж данина моді. Для спрощення ланцюг блоків, вузлів і окремих елементів, що забезпечують їх функціонування (схеми живлення) і не передають вимірювальний (основний) сигнал, під час побудови такої функціональної моделі можна не зображати і не враховувати. Моделі окремих каскадів, як правило, теж не будують. Для цих цілей, ми вважаємо, цілком достатнім є спосіб поелементної перевірки. Слід мати на увазі, що функціональна модель МІВСК істотно відрізняється від структурної схеми і лише в окремому випадку співпадає з нею. Під час її побудови виходять з того, що вхідні сигнали блоку (зовні їх позначають X_i , де i – номер функціонального елемента на який поступає сигнал), а також напруга живлення завжди мають тільки номінальне значення. При цьому лінії зв'язку між функціональними елементами завжди справні. Крім того, за будь-якої кількості входів кожен елемент повинен мати тільки один вихід (його позначають Z_i) і, отже, два стани: є сигнал на виході чи ні. Вхід елемента може бути сполучений з будь-якою кількістю входів, а вихід – тільки один.

Зрозуміло, що навіть за глибини пошуку до каскаду, структурну схему не можна використовувати як функціональну модель, оскільки багато каскадів МІВСК мають по два і більше вихідних сигналів. Очевидно, що ці вузли слід розділити на елементи тільки з одним виходом, враховуючи, що збільшення їх кількості підвищує точність пошуку за незначного зростання кількості вимірювань. Потім необхідно визначити безліч можливих комбінацій відмов у мнотажній схемі МІВСК.

Формалізація моделей несправностей МІВСК – достатньо делікатний момент, що істотно визначає підхід до діагностики і пошуку несправності в МІВСК. Поодинокі константні несправності на вхідних і вихідних полюсах елементів-комплектуючих МІВСК раніше представлялися найадекватнішим відображенням фізичних дефектів. Саме на таку модель орієнтовані всі прикладні (типові) програми пошуку. Проте практика експлуатації МІВСК примушує відмовитися від багатьох традиційних уявлень. Досвід експлуатації МІВСК свідчить, що константні несправності не тільки не єдині, а складають менше 30% від загального

числа виникаючих несправностей. Про стан МІВСК можна судити тільки за його поведінкою в процесі експерименту. Відомо, що структурний опис МІВСК громіздкий, але навіть повне знання цієї структури не дає можливості вказати стан, в якому знаходиться система у фіксований момент часу. Очевидно, будь-який процес відладки як апаратури, так і програмного забезпечення МІВСК фактично неможливий без уміння у будь-який момент перервати процес функціонування і перевести у відомий стан, тобто забезпечити «фотографування» поточного стану для вирішення завдання пошуку елемента, що відмовив. Відновлення стану реального МІВСК, означає те ж саме, що побудова у складі МІВСК пристрою еквівалентного «чорному ящику».

Завдання істотно ускладнюється, оскільки чим складнішим є елемент-комплектуючий, тим менше інформації про його структуру доступно фахівцю з діагностики. Розробник фірми-виробника, як правило, взагалі не надає користувачам внутрішньої інформації. Такі дані, якщо вони десь і зібрані, є «ноу-хау» фірми-виробника, досить тісно пов'язані з «тонкими місцями» технологічних процесів. Це призводить до того, що користувач вимушений припускати «несправність» елемента-комплектуючого при отриманні будь-якого параметра, відмінного від вказаного виробником. Така ситуація виключає типову формалізацію моделей несправностей МІВСК. Тому на практиці вибір моделі несправності МІВСК визначається:

- рівнем інтеграції елементів-комплектуючих і їх типом;
- технологією виготовлення;
- припущенням про клас несправності.

Уміння відповідати на подібні питання опирається на розуміння ієрархій складності в задачах діагностики широкого спектру формальних об'єктів МІВСК, для різних формальних моделей об'єктів діагностики і різних класів несправностей цих моделей необхідно мати оцінки трудомісткості виявлення (пошуку) несправності. Однією з найхарактерніших особливостей сучасного етапу розвитку МІВСК є необхідність точних оцінок витрат на рішення поставленої задачі – чи то проектування, виготовлення, модернізація чи ремонт. Недостатньо ясне апріорне уявлення про те, чого саме і якою ціною можна досягти, приводить до неприпустимого затягування термінів рішення і отримання морально застарілих результатів.

Висновки

1. Процес пошуку несправності МІВСК є в основному розумовим, а вимірювання, які дають поштовх логічній дедукції, займають лише невелику частину часу.
2. Для діагностики МІВСК необхідні:
 - формальна модель МІВСК, що достатньо точно описує його поведінку;
 - формальна модель несправності МІВСК, що адекватно описує можливі фізичні несправності і дає змогу вирішити завдання виявлення за практично прийнятний час;

– уміння ухвалювати рішення за наслідками експерименту.

3. Статистична інформація про відмови МІВСК є неповними вибірками, оскільки деякі комплектуючі за час спостережень жодного разу не відмовили. Лише на підставі таких вибірок можна прогнозувати показники надійності МІВСК, причому точність такого прогнозу залежить від правильності визначення законів розподілу напрацювання на відмову.

4. Кінець терміну служби МІВСК характеризується істотним збільшенням кількості відмов. У цей період більш економічним і розвадливішим виявляється заміна МІВСК, аніж підтримка її працездатності. Проблема з технічної перетворюється на економічну.

Література

1 Мозгалевский А. В., Гаскаров Д. В. Техническая диагностика. – М.: Высш. шк., 1983. – 223 с.

2 Jameson B. Analyzing Data-Comm. Channels Requires Special Equipment Doing Special Measurements // Electronic Design. 2004, Oct. pp.144-148.

3 Копей Б.В., Лопатин В.В., Копей И.Б. Помехоустойчивость низкочастотных электрических измерений в штанговых скважинных насосных установках и горных выработках // Методы и средства технической диагностики: Сб. научных статей. – 2006. – Вып. XXIII. – С. 127-132.

4 Lucas M. Faulkenberry. SYSTEMS TROUBLESHOOTING HANDBOOK John Wiley & Sons, inc. 2003 608p.

5 Роткоп Л.Л. Автоматическое управление процессами массового производства. – М.: Машиностроение, 1992. – 274 с.

УДК 622.24.051.55

ВПЛИВ КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ОПОР ТРИШАРОШКОВИХ ГІРНИЧОРУДНИХ БУРОВИХ ДОЛІТ

Ю.Д.Петрина, Р.С.Яким, Т.Б.Пасинович

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 43024

e-mail: public@nuing.edu.ua

Установлено, что возникновение трещин, а также раскол пяты и подпятника в большинстве случаев осуществляется не столько под воздействием ударных нагрузок, сколько перекосами в сопряженных поверхностях. Это объясняется технологическими особенностями механической обработки и процесса соединения, а также конструкцией узла. Предложены конструкторско-технологические пути повышения работоспособности опор трехшарошковых горнорудных буровых долот.

Робота опори шарошкового долота характеризується значною кількістю чинників, серед яких основними є: розподіл навантаження в опорі, швидкість ковзання, тривалість функціонування, температура, середовище та ін. В свою чергу, у більшості випадків працездатність опори шарошкового долота визначає низка конструкторсько-технологічних параметрів. Тобто, точність виготовлення, якість складання, досконалість конструкції, висока зносостійкість і тріщиностійкість, контактна витривалість тощо дають підстави очікувати високих показників напрацювання долота. Тому дослідження конструкторсько-технологічних резервів підвищення напрацювання гірничорудних шарошkových доліт є актуальними.

Вирішенню даної проблеми присвячено роботи [1-5] та ін. Відповідно до різних підходів

At is determined that the cracks formation and the abutment and step-bearing in most cases are caused not so much by the percussion loadings operation as by the warps in the conjugated surfaces. At can be explained by the technological peculiarities of mechanical treatment, composing process and the unit construction. The design and technological ways of efficiency increase of three-cone mining rock bits bearings.

вирішення окресленої проблеми існує декілька основних напрямків: підбір і оптимізація матеріалів трибологічної пари „п'ята-підп'ятник” [1-3], оптимізація конструкції вузла [4], вдосконалення технології складання секцій [5] та ін.

Зокрема, в [1] запропоновано підвищити зносостійкість за рахунок оптимізації параметрів мащення, герметизації опори, а також підвищувати антифрикційні властивості матеріалів п'яти і підп'ятника карбідонітрацією.

На ВАТ „Дрогобицький долотний завод” робились спроби використання як матеріалу для п'ят сплаву ВК10, що працює в парі з підп'ятником зі сталі Р6М5. Проте під час запресовування твердосплавних п'ят відбувалось їх розтріскування і сколювання (до 10%); після відпрацювання доліт розколювання відбулося у 90% випробовуваних доліт. На основі цього та